Inundaciones en cuencas urbanas – Alternativas de prácticas de ordenamiento bajo el concepto SUBS

G. A.Villalba[a], H. Rosatto[a], M. Friedrich[a], C. Caso[a], G. Calvo[a], D. Pérez[a], N. Mazzeo

[a] Facultad de Agronomía, Departamento de Ingeniería Agrícola, UBA, Argentina

rosatto@agro.uba.ar

RESUMEN: Los ambientes urbanos con alto grado de impermeabilización presentan problemas de inundaciones debido a la rápida escorrentía superficial de las aguas.

Las soluciones que se proponen, generalmente recaen en una propuesta de ampliación del sistema pluvial existente, trayendo consigo obras cuasi faraónicas con costos, muchas veces, imposibles de alcanzar.

Existen en la actualidad distintos sistemas para el abordaje a estos problemas, entre ellos los denominados Sistemas Urbanos de Diseño Sostenible (SUDS), que surgen de la necesidad de encontrar alternativas sustentables que permitan el escurrimiento, absorción, o retardo de las aguas en llegar a los sistemas de drenaje, mejorando la integración entre lo antrópico y lo natural. Estos sistemas engloban un amplio espectro de soluciones que permiten afrontar el planeamiento, diseño y gestión de aguas pluviales.

Este trabajo plantea la descripción y posibilidades de uso de los SUDS, analizando la posibilidad de mejora en la escorrentía mediante la ampliación de: superficies permeables, la utilización de pozos, zanjas o depósitos de infiltración y la aplicación de cubiertas naturadas en terrazas potenciales. Por otro lado se menciona la posibilidad de utilizar sistemas de tratamiento pasivo que permiten establecer estanques de retención y humedales artificiales, contando estos con gran potencial para la recuperación de la avifauna pudiendo funcionar como corredores urbanos.

La Ciudad de Buenos Aires no escapa a la problemática de las inundaciones urbanas, la Subsecretaría de Emergencias de la ciudad, cuenta con mapas de riesgo de inundación por lluvias y por sudestadas, los barrios más vulnerables resultan ser Núñez y Belgrano, ambos ubicados en la cuenca del arroyo Vega. Es posible, aplicando estas técnicas a la cuenca, que se reduzca la escorrentía actual, disminuyendo la cota de inundación en las áreas afectadas.

DESCRIPCIÓN DEL AREA (CABA)

"La cuenca es la unidad de análisis por excelencia de todos los fenómenos que tiene que ver con el agua y, por supuesto, de todos los relacionados con el territorio y su relación con el agua." (Brailovsky, 2010)

Si consideramos los principales arroyos y cursos de agua de la ciudad de Buenos Aires, considerando su punto de desembocadura del Estuario del Plata, podríamos advertir ocho cuencas, que se desarrollan en su territorio, tres de ellas nacen en el conurbano bonaerense. Las restantes quedan comprendidas dentro de la Ciudad de Buenos Aires. (Figura 1)



Figura 1.- Cuencas de Buenos Aires. Fuente: Presentación del Plan Director Hidráulico CABA

La Subsecretaría de Emergencias de la Ciudad de Buenos Aires cuenta con mapas de riesgo que representan e indican las hipótesis de conflicto de la ciudad de Buenos Aires. Indican, por ejemplo cuáles son las zonas anegables, en qué calles y que avenidas se producen los índices más altos de accidentes de tránsito, o dónde afecta la sudestada.

En las figuras 2 y 3, podemos ver las zonas de anegamientos por acumulación de lluvias expresadas según manzanas y barrios.

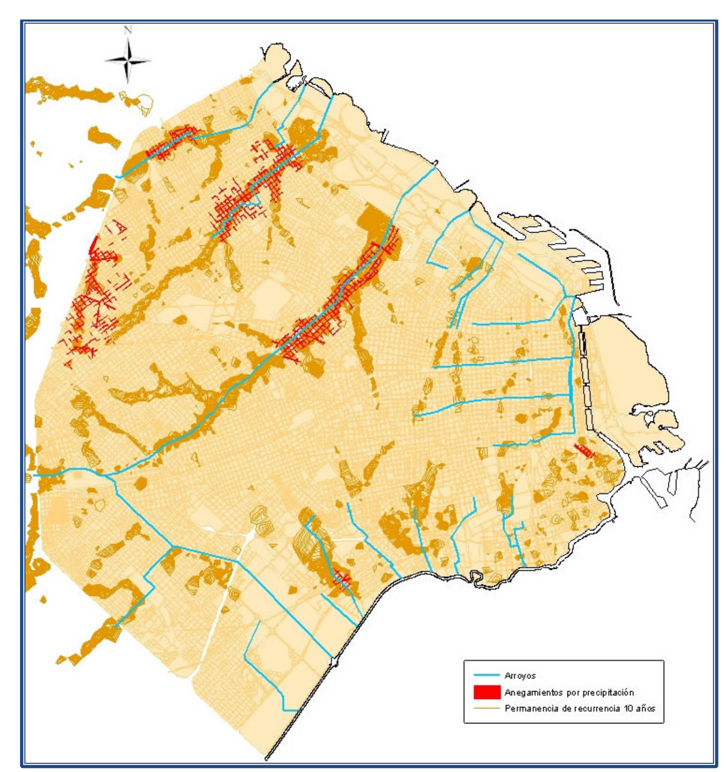


Figura 2.- Zonas críticas de anegamiento por acumulación pluvial, Manzanas. Fuente CABA

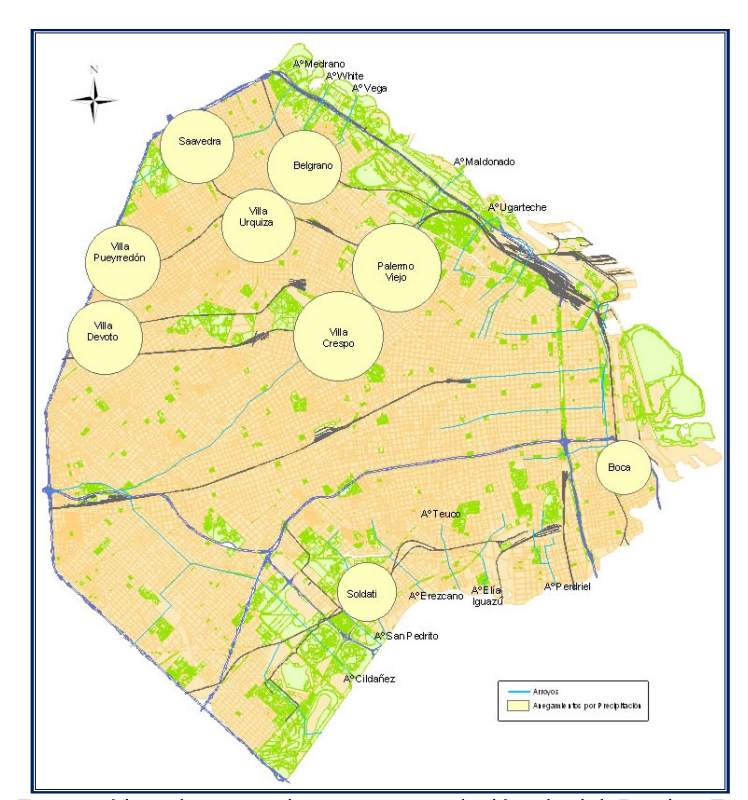


Figura 3.- Zonas críticas de anegamiento por acumulación pluvial, Barrios. Fuente CABA

En la figura 4 podemos ver los barrios afectados por anegamiento debido sudestadas.

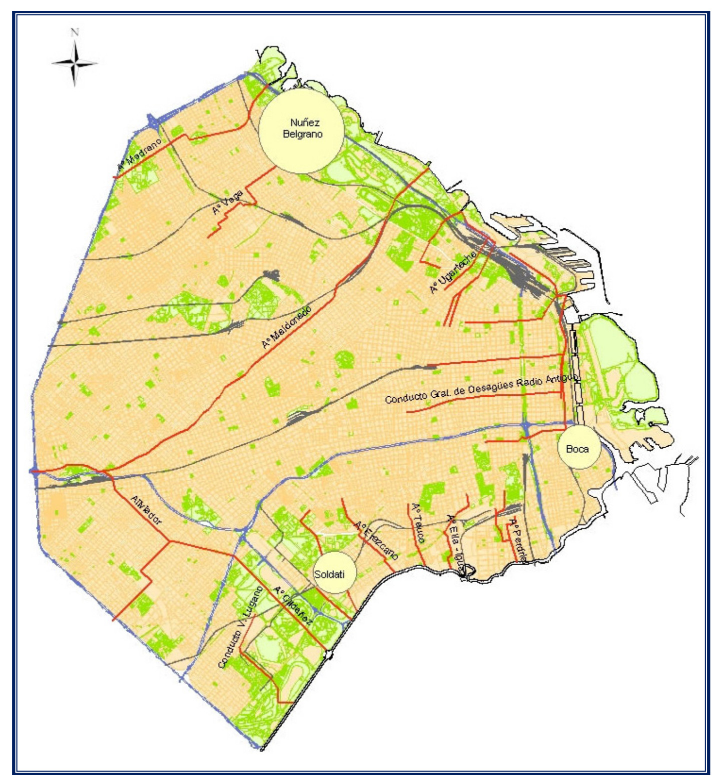


Figura 4.- Zonas críticas de anegamiento por crecida o sudestada, Barrios. Fuente CABA

Considerando lo expuesto en las figuras hasta ahora presentadas, podemos apreciar que tanto la zona de Núñez y Belgrano como la de La Boca sufren inundaciones tanto por sudestada como por acumulación pluvial, siendo estas últimas mucho más significativas en la zona de Núñez y Belgrano, ambos, como ya se mencionó, comprendidos dentro de la cuenca del arroyo Vega (figura 5), una de las cuencas que quedan comprendidas dentro de los límites de la Ciudad de Buenos Aires.



Figura 5.- Cuenca del arroyo Vega. Fuente CABA

La escorrentía superficial en las Cuencas Urbanas

"Las inundaciones están íntimamente relacionadas con dos variables: la cantidad e intensidad de las precipitaciones y la escorrentía" (Keller, 1996). *"Como la escorrentía causa los mayores problemas en el manejo de cuencas, es en esta parte del ciclo hidrológico en la cual se debe intervenir activamente para evitar que el agua ocasione graves daños dentro del territorio* (Gaspari et al., 2007)

Le corresponde a la urbanización un rol muy importante en una serie de cambios en la relación entre ambos parámetros. Los casos urbanos que ejemplifican esta relación muestran que, en las cuencas pequeñas, las que están conformadas por pocos kilómetros cuadrados, la magnitud y frecuencia de las inundaciones están fuertemente reguladas por el uso del suelo; la correlación que se verifica es un aumento del volumen de excedentes hídricos superficiales (por incremento del coeficiente de escorrentía), en función del porcentaje de suelo urbano que está cubierto por techos, pavimentos y cemento—la cubierta impermeable—y el porcentaje de área servida por drenajes pluviales (Leopold, en Keller; 1996 en Kraimer, et al, 2001).

El grado de impermeabilización es un indicador utilizado por la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos para predecir el impacto de la ocupación de la tierra (Kraimer, et al 2001). Hay estudios que vinculan el grado de impermeabilización con cambios en la hidrológica de un curso. Los principales aspectos que se detectan son el incremento del volumen, la tasa del escurrimiento superficial y la disminución de la capacidad de los cursos para aceptar una crecida. Las mediciones de descargas pluviales para diferentes grados de urbanización muestran enormes cambios en los caudales del escurrimiento. Esos valores aumentan notablemente con el incremento de la superficie impermeabilizada, algunos estudios experimentales muestran diferencias en el escurrimiento urbano que llega a superar hasta cinco veces los valores registrados para condiciones preurbanas (Seaburn, en Keller; 1996 en Kraimer, et al, 2001).

Otro factor a considerar es la rugosidad del terreno. Esta se refiere a la presencia de obstáculos mecánicos en el escurrimiento del agua, por ejemplo, construcciones, empedrados, vegetación, etc. El efecto de la rugosidad se manifiesta en lo que se denomina "lag-time" o tiempo de retardo de la lluvia; o sea el tiempo que media entre el pico de caída de lluvia y el pico de crecida por escurrimiento. El retardo que se produce se expresa mediante el coeficiente de reducción de los caudales de agua de lluvia; este coeficiente indica la relación entre la superficie de la cuenca no afectada por el retardo—aquella cuya aportación íntegra atraviesa simultáneamente la sección considerada del conducto—y la superficie total tributaria. El coeficiente es siempre menor a la unidad; los factores que lo gobiernan tienen que ver con la rugosidad, la pendiente de las superficies tributarias, sus dimensiones y su orientación respecto al colector. A igualdad de áreas, el retardo será mayor para una superficie alargada y perpendicular al colector que para otra en que la mayor dimensión coincida con la dirección del conducto. Tomando en cuenta el tiempo que tarda el agua en llegar desde los límites de la zona tributaria, se ha podido estimar que bajo condiciones de urbanización, el tiempo de retardo se reduce generándose mayores caudales instantáneos. En suma, la impermeabilización provoca un doble impacto: disminuye la infiltración a capas subterráneas aumentando el caudal de agua escurrida y disminuye el tiempo de retardo; cuanto mayor es la impermeabilización mayor es la velocidad de escurrimiento (a igualdad de otros factores) produciéndose un caudal de llegada instantánea a las bocas de tormenta que puede saturar la entrada al sistema de drenaje pluvial. Esta situación se agudiza cuando las lluvias son de

carácter torrencial, es decir cuando caen lluvias concentradas. Como se deduce de lo anterior, en este esquema, las bocas de tormenta son piezas claves del drenaje urbano, pues constituyen las únicas vías que canalizan el escurrimiento proveniente de las superficies impermeabilizadas hacia los conductores pluviales subterráneos. En términos del uso del suelo y los valores de escorrentía, los estudios asignan un valor singular a los espacios verdes urbanos como áreas de infiltración, retención y acumulación de agua; consideran dentro de ellos tanto los espacios de dominio público (plazas, parques y franjas de arbolado urbano) como los de carácter privado, contabilizando dentro de estos últimos los espacios verdes intradomiciliarios. Concluyen que para el caso de pequeñas cuencas la proporción espacio construido/espacio verde es la relación más importante a tener en cuenta (Keller, 1996 en Kraimer, et al 2001).

LOS SISTEMAS URBANOS DE DISEÑO SOSTENIBLE

Existen varias alternativas del tipo no estructurales que pueden contribuir a la disminución de la cota de inundación sin necesidad de realizar grandes inversiones.

Para Brailovsky, (2010), una parte importante de lluvia que cae durante una tormenta no alcanza a llegar al suelo, sino que se deposita en la vegetación, este fenómeno es llamado intercepción. Cuanta menos agua caiga al suelo, menores serán las probabilidades de inundación. *"La intercepción debida a algunos tipos de vegetación puede presentar una porción considerable de la lluvia anual"* (Linsley, 1988)

Para algunos hidrólogos el proceso es esencialmente evaporativo, para otros de este modo se hace mas lento el camino del agua hacia el escurrimiento y la infiltración en el suelo, un tercer punto de vista piensa que la vegetación no solo intercepta precipitaciones, sino que también colecta agua a partir de la condensación de vapor contenido en el aire. No obstante todos coinciden en que el fenómeno tiene alguna importancia. (Brailovsky, 2010)

El concepto SUDS, Sistemas Urbanos de Diseños Sustentable (BMP´s en sigla inglesa) se viene desarrollando desde hace un tiempo y define una postura ecológica y conservacionista. Éstos comprenden un amplio espectro de soluciones que permiten afrontar el planeamiento, diseño y gestión de las aguas pluviales dando tanta importancia a los aspectos medioambientales y sociales como a los hidrológicos e hidráulicos. Los SUDS pueden utilizarse como alternativa a los sistemas de drenaje convencional o en combinación con ellos. La filosofía de los SUDS es reproducir, de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana. Su objetivo es minimizar los impactos del desarrollo urbanístico en cuanto a la cantidad y la calidad de la escorrentía (en origen, durante su transporte y en destino), así como maximizar la integración paisajística y el valor social y ambiental de la actuación (Woods-Ballard, et al, 2007)

Dentro de los SUDS existen múltiples clasificaciones, atendiendo a su forma de funcionar, al tipo de sistema empleado o al lugar de aplicación. Así, como resultado del estudio y recopilación de las distintas clasificaciones, el grupo de investigación GITECO, propone la siguiente clasificación para los SUDS:

Medidas preventivas

- Legislación.
- Educación.
- Programación económica.

Sistemas de infiltración o control en origen (figura 6)

- Superficies permeables
- Pozos y zanjas de infiltración
- Depósitos de infiltración
- Cubiertas naturadas



Figura 6.- Infiltración en Origen, Terraza Naturada, Pozos y Zanjas de Infiltración

Sistemas de transporte permeable (figura 7)

- Drenes filtrantes o drenes franceses
- Cunetas verdes
- Franjas filtrantes



Figura 7.- Transporte permeable, Zanjas de Infiltración y Cunetas Verdes

Sistemas de tratamiento pasivo (figura 8)

- Depósitos de detención
- Estanques de retención
- Humedales artificiales



Figura 8.- Tratamiento Pasivo, Estanques de Retención y Humedales Artificiales

¿ES POSIBLE APLICAR EL CRITERIO SUDS A UNA CUENCA DEL CABA?

Se elaboró una posibilidad de aplicación, tomando como unidad de análisis la cuenca del arroyo Vega.
La figura 9 muestra, sobre un plano base, las áreas potenciales para aplicar las distintas propuestas mencionadas anteriormente. Como se puede ver la mayoría de los espacios se encuentran en la parte superior y en la parte media de la cuenca lo que permitirá una disminución de la escorrentía aguas abajo, permitiendo disminuir la cota de inundación en los sitios afectados mencionados anteriormente.

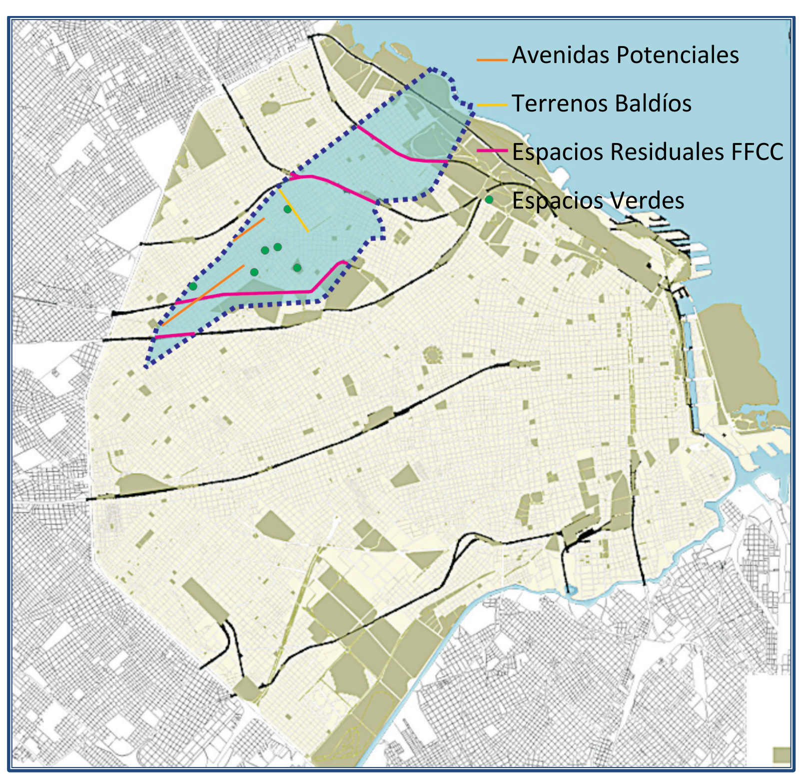


Figura 9.- Zonas Potenciales. Fuente Plano Base CABA

Descripción:

Sistemas de infiltración o control en origen

Cubiertas naturadas: en la cuenca existe una gran cantidad de azoteas potenciales que podrían permitir instalar sistemas existentes del tipo modular que permitan retener un volumen considerable.

Superficies permeables: las avenidas Salvador María del Carril y Mosconi, en gran parte de su trayectoria resultan sobredimensionadas para el flujo vehicular que la transita, por lo que se puede disminuir la superficie impermeable instalando bulevares centrales con gran poder de captación de agua

Pozos y zanjas de infiltración: a los inicios de la cuenca se cuenta la plaza Martín Rodríguez y algo más abajo las plazas Castelli y Noruega, en las que se le pueden realizar estas prácticas.

Depósitos de infiltración: existe una serie de terrenos baldíos entre las calles Holmberg y Donado, producto de la expropiación estatal en el año 1977 para la realización de la EX AU3 (ex-autopista 3), que resultan de gran potencial para la instalación de estos depósitos.

Sistemas de transporte permeable

Drenes filtrantes o drenes franceses: este tipo de práctica puede aplicarse a los terrenos expropiados

Cunetas verdes y Franjas filtrantes: a las cunetas de las calles y avenidas se les pueden aplicar materiales con juntas permeables o bien pavimentos permeables que permitan infiltran agua a la vez de transportarla.

Sistemas de tratamiento pasivo

Depósitos de detención y Estanques de retención: estos sistemas pueden ser aplicados en espacios residuales, como los que se encuentran a lo largo de la traza de las distintas vías férreas que atraviesan la cuenca.

Humedales artificiales: pueden practicarse reformando los espacios verdes actuales.

CONCLUSIONES

La bibliografía menciona la eficacia del concepto SUDS en el control del escurrimiento hídrico pluvial en las cuencas urbanas.

En un proyecto de investigación del que participan los autores sobre parcelas que simulan techos verdes, se demostró que dicha tecnología presenta altos porcentajes de retención del agua de lluvia (Rosatto, et al, 2010), pero combinada con el resto de las prácticas incluidas en los SUDS, es una muy buena alternativa de diseño para la gestión y manejo de las inundaciones o anegamientos en el contexto de la impermeabilización creciente de las ciudades.

REFERENCIAS

Brailovsky, A. 2010. Buenos Aires, ciudad inundable. 1ª Ed. Le Monde Diplomatique, Argentina

Gaspari, F.J., Senisterra, G.E. y Marlats, R.M., Relación precipitación-escorrentía y número de curva bajo diferentes condiciones de uso del suelo. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXIX: 21-28, 2007

Keller, E. 1996. Environmental Geology. Prenticehall, inc. Newjersey, New York.

Linsley, A. 1998. Hidrología para ingenieros 2ª Ed. México McGraw

Kreimer A, Kullock D, Valdés J. 2001. Disaster Risk Management Series, Inundaciones en el área metropolitana de Buenos Aires. 1ª Ed, EEUU, Ed. Castellano, Pierini M. y Barahona-Strittmatter A.

Rosatto, H.; Laureda, D.; Pérez, D.; Barrera, D.; Meyer, M.; Gamboa, P., Villalba, G.; Friedrich, M.; Bargiela, M.; Rodríguez Plaza, L.; Calvo, G.; Miranda, M. B.; Iñigo, M. y Quaintenne; E. 2010. Eficiencia de la retención hídrica de las cubiertas vegetadas. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias - ISSN: 0370-4661. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XLII. Issue 1, Pages 213-219. Editorial: Centro de Ediciones Académicas, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.

Woods-Ballard B.; Kellagher R.; Martin P.; Jefferies C.; Bray R.; Shaffer P. (2007) The SUDS Manual. CIRIA C697. London. 1.1-25.17